

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2000340883
PUBLICATION DATE : 08-12-00

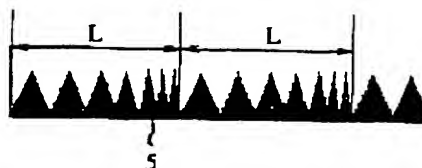
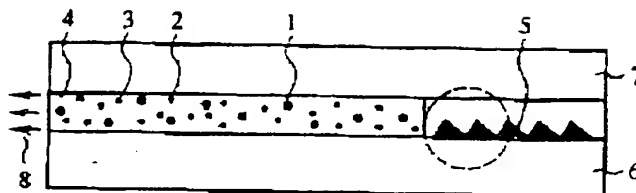
APPLICATION DATE : 27-05-99
APPLICATION NUMBER : 11147560

APPLICANT : FUJITSU LTD;

INVENTOR : SHIMOYAMA MINEFUMI;

INT.CL. : H01S 5/125

TITLE : MULTIWAVELENGTH OSCILLATING
OPTICAL SEMICONDUCTOR DEVICE



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To implement stable and simultaneous oscillation of a plurality of different wavelengths without making the structure of an element large, by arranging a semiconductor gain waveguide, which has a plurality of quantum boxes each having a different size within an active region thereof, and a reflecting mirror which has a high reflectance with respect to a plurality of discrete wavelengths, in series with each other.

SOLUTION: A semiconductor gain waveguide having a number of quantum boxes 1 to 3 each having a different size within an active region 4 thereof, and a reflecting mirror 5 having a high reflectance with respect to a plurality of discrete wavelengths are arranged in series with each other. As the above-mentioned reflecting mirror 5, a distribution reflecting mirror 5 wherein diffraction gratings, each having a gradually varied pitch, are cyclically formed is used. Further, the quantum boxes 1 to 3 are either quantum boxes 1 to 3 based on a Stranski-Krastanow mode, or quantum boxes 1 to 3 which are self-structured by an atomic layer epitaxy method. The quantum boxes 1 to 3 whose diameters are not uniform are formed at a high density, whereby multiwavelength oscillation can be implemented, and the intensity of multiwavelength oscillation light 8 is improved.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-340883

(P2000-340883A)

(43) 公開日 平成12年12月8日 (2000.12.8)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーム(参考)

H 0 1 S 5/125

H 0 1 S 3/18

6 4 4

5 F 0 7 3

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平11-147560

(22) 出願日 平成11年5月27日 (1999.5.27)

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号

(72) 発明者 下山 峰史

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(74) 代理人 100105337

弁理士 眞鍋 潔 (外2名)

Fターム(参考) 5F073 AA13 AA45 AA64 AA65 AA75
BA02 CA07 EA04

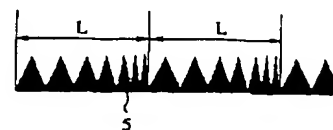
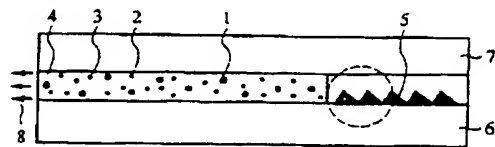
(54) 【発明の名称】 多波長発振光半導体装置

(57) 【要約】

【課題】 多波長発振光半導体装置に関し、素子構造を大型化することなく、複数の異なる波長で同時に安定な発振を行う。

【解決手段】 大きさの異なる多数の量子箱1~3を活性領域4内に持つ半導体利得導波路と、離散的な複数の波長で高い反射率を有する反射鏡5とを直列に配置する。

本発明の原理的構成の説明図



1: 量子箱
2: 量子箱
3: 量子箱
4: 活性領域

5: 反射鏡
6: 一導電型クラッド層
7: 逆導電型クラッド層
8: 多波長発振光

【特許請求の範囲】

【請求項1】 大ききの異なる多数の量子箱を活性領域内に持つ半導体利得導波路と、離散的な複数の波長で高い反射率を有する反射鏡とを直列に配置したことを特徴とする多波長発振光半導体装置。

【請求項2】 上記離散的な複数の波長で高い反射率を有する反射鏡として、ピッチを徐々に変化した回折格子が周期的に形成された分布反射鏡を用いたことを特徴とする請求項1記載の多波長発振光半導体装置。

【請求項3】 上記量子箱が、ストランスキーークラスタノフモードによる量子箱、或いは、原子層エピタキシー法を用いた自己組織化による量子箱のいずれかであることを特徴とする請求項1または2に記載の多波長発振光半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は多波長発振光半導体装置に関するものであり、特に、波長多重通信システムの光源として用いる複数の異なる波長で同時に安定に発振する多波長発振光半導体装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年のインターネット利用者数の急激な増大に伴い、光通信システムの整備が急ピッチで進められている。しかし、動画などの大規模データを必要な時に遠隔地から受け取るといった新しい形態のサービスも始まりつつあり、さらなる指数関数的な通信量の増大が見込まれる現在、従来の時分割多重通信システムでは早晚限界に達すると考えられている。

【0003】この様な状況を打開するために、異なる複数の波長の光を一本の光ファイバに導入する波長多重通信への移行が叫ばれているが、この次世代の通信手段と目されている波長多重通信システムには、当然ながら複数の異なる波長の光を放射する光源が必要となる。

【0004】従来、この様な要請に応える多波長光源としては、多数の半導体レーザを一列に並べて同時に駆動し、光結合器によってこれらの複数の異なった波長の光を一本の光ファイバの導波路に導くアレイ型レーザが知られている。

【0005】また、他の多波長光源としては、異なる発振波長の量子箱からなる活性層を多層積層させることによって、多波長同時発振を実現することも提案されている（必要ならば、特開昭63-213384号公報参照）。例えば、各活性層における量子箱のサイズが互いに異なるように堆積条件等を制御することによって、各活性層における発振波長が互いに異なるようにしたものである。

【0006】なお、この様な量子箱（QD: Quantum Dot）とは、キャリアに3次元的な量子閉じ込めを与えるほど極微細なポテンシャルの箱であり、この量子箱においてはキャリアの状態関数密度はデルタ関数

的に離散化し、その基底準位には2個のキャリア、例えば、伝導帯においては2個の電子しか存在することができず、また、励起準位にはその準位の次数に応じて複数の電子が存在することができるものである。

【0007】この様な半導体量子箱を簡単に形成する方法としては、自己形成させる方法が知られており、具体的には、格子不整合の半導体がある条件で気相エピタキシャル成長させることにより3次元の微細構造、即ち、量子箱構造を自己形成する方法が提案（例えば、特願平7-217466号参照）されている。なお、これらの自己形成方法としては、Straniski-Krastanov（ストランスキーークラスタノフ）モードによる量子箱の形成方法、Volmer-Webber（ボルマーウェッバー）モードによる量子箱の形成方法、或いは、ALE（原子層エピタキシー）法を用いた原料の交互供給による自己組織化量子箱の形成方法等が知られている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかし、従来のアレイ型レーザの場合には、一つの素子の中に多数の独立したストライプ型レーザ構造が必要になり、素子が大型化するという問題がある。しかも、各々のストライプ型レーザにおける発振波長を正確に制御する必要があり、この様なアレイ型レーザを作製するには高精度の製造技術が必要になる。

【0009】一方、量子箱活性層を多層化した半導体レーザの場合には、原理的には多波長発振が可能であるが、現実的には実現困難な構造であると考えられる。即ち、第1に、それぞれの活性層における量子箱の発振波長を揃えるためには、それぞれの活性層における量子箱の径を揃える必要があるが、現在の成長技術では不可能である。

【0010】第2に、発振波長を設計値通りにするためには、量子箱の径と組成とを正確に制御して作製することが要求されるが、これも現状では困難である。さらに、上記の第1及び第2の要件を満たすことができるとしても、多層化には限界があり、限界の層数によって発振する波長数が制限されるという問題がある。

【0011】したがって、本発明は、素子構造を大型化することなく、複数の異なった波長で同時に安定な発振を行うことを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】図1は本発明の原理的構成の説明図であり、この図1を参照して本発明における課題を解決するための手段を説明する。なお、図1

(a)は、光半導体装置の概略的断面図であり、また、図1(b)は、光半導体装置に設けた反射鏡を模式的に拡大して示した図であり、図において、符号6、7は夫々導電型クラッド層及び逆導電型クラッド層である。

図1(a)及び(b)参照

(1) 本発明は、多波長発振光半導体装置において、大きさの異なる多数の量子箱1〜3を活性領域4内に持つ半導体利得導波路と、離散的な複数の波長で高い反射率を有する反射鏡5とを直列に配置したことを特徴とする。

【0013】この様に、大きさの異なる量子箱1〜3、即ち、径の異なる量子箱1〜3を多量に内包する半導体利得導波路を用いることにより、注入電流量を増すことによって多波長での同時の誘導放出が可能になる。即ち、均一拡がりがあり、例えば、室温において0.5nm程度に充分小さな準位間の発光遷移を行う量子箱1〜3が2つあり、しかもお互いの遷移波長が、この均一拡がりより、例えば、1nm程度離れていた場合、2つの量子箱1〜3は互いに独立に発光し、他方の光による誘導吸収・誘導放出を行うことはない。これは、量子箱1〜3が完全に離散的準位を持つためであり、1次元閉じ込め或いは2次元閉じ込めの量子井戸構造との大きな違いである。

【0014】また、離散的な複数の波長で高い反射率を有する反射鏡5を設けることによって、不規則な多数波長で発振していた多波長発振光8の波長間隔及び絶対波長の制御が可能になり、多重光通信システム用の多波長光源として好適なものとなる。

【0015】(2) また、本発明は、上記(1)において、離散的な複数の波長で高い反射率を有する反射鏡5として、ピッチを徐々に変化した回折格子が周期的に形成された分布反射鏡5を用いたことを特徴とする。

【0016】この様に、離散的な複数の波長で高い反射率を有する反射鏡5は、超周期回折格子(SSG: Super Structure Grating)、即ち、ピッチを徐々に変化した回折格子が周期をLとして周期的に形成された分布反射鏡を用いることによって容易に形成することができる。このSSG構造は、基本的な回折格子構造が持つ周期性に、さらに大きな周期性、即ち、超周期性を加えることによって複数波長での高反射率が実現されるものである(必要ならば、H. Ishii, et. al, IEEE, J. QE, Vol. 32, No. 3, pp433, 1996参照)。

【0017】(3) また、本発明は、上記(1)または(2)において、量子箱1〜3が、ストランスキークラスタノフモードによる量子箱1〜3、或いは、原子層エピタキシー法を用いた自己組織化による量子箱1〜3のいずれかであることを特徴とする。

【0018】この様に、多波長発振に適した量子箱1〜3としては、ストランスキークラスタノフモードによる量子箱1〜3、或いは、原子層エピタキシー法を用いた自己組織化による量子箱1〜3が好適である。即ち、これらの自己形成方法は、量子箱1〜3を高密度で形成することができるが、量子箱1〜3の径を揃えることは困難であり、したがって、単一波長で発振する量子ドッ

ト半導体レーザの作製は困難であるが、逆に、この欠点を積極的に利用することによって、径の不揃いな量子箱1〜3を高密度で形成し、それによって、多波長発振が可能になり、且つ、多波長発振光8の強度を高めることができる。

【0019】

【発明の実施の形態】ここで、本発明の第1の実施の形態を図2乃至図4を参照して説明するが、まず、図2及び図3を参照して本発明の第1の実施の形態の製造工程を説明する。なお、各図は、レーザ光の光軸方向に沿った断面図である。

図2(a)参照

まず、(001)面を主面とするn型GaAs基板11上にフォトレジスト(図示せず)を塗布し、このフォトレジストの内の一部に電子ビーム露光装置を用いて周期的にピッチを変化させた格子パターンを露光したのち、フォトレジストを現像して格子状レジストパターンを形成し、次いで、この格子状レジストパターンをマスクとしてn型GaAs基板11をエッチングすることによってSSG構造12を形成する。なお、このSSG構造12は、上述の様に、ピッチを徐々に変化した回折格子の周期をLとしてこの回折格子を周期的に形成したものであり、このSSG構造12をDBR鏡、即ち、分布ブラッグ反射鏡として用いる。

【0020】図2(b)参照

次いで、MBE(モレキュラ・ビーム・エピタキシー)装置を用いて、厚さが、例えば、0.9 μ mで、Al組成比が、例えば0.4のn型AlGaAsクラッド層13、厚さが、例えば、0.1 μ mのGaAs-SCH(Separate Confinement Heterostructure)層14、厚さが、例えば、40nmでIn組成比が0.1のInGaAs導波層15、及び、厚さが、例えば、0.1 μ mのGaAsSCH層16を順次成長させる。

【0021】図2(c)参照

次いで、SSG構造12を形成しなかった領域上に成長したGaAsSCH層16及びInGaAs導波層15を選択的に除去して、GaAsSCH層14を露出させる。

【0022】図3(d)参照

次いで、GaAsSCH層16及びInGaAs導波層15を選択的に除去した領域上に、Stranckii-Krastanovモードによって量子箱導波層17を形成したのち、厚さが、例えば、0.1 μ mのGaAsSCH層18を成長させて表面を平坦化する。

【0023】図3(e)参照

図3(e)は図3(d)の破線で示す円内を模式的に拡大して示した図であり、この量子箱導波層17を形成する場合には、MOVPE法(有機金属気相成長法)を用いて、成長温度を500℃とした状態でTMIn(トリ

メチルインジウム)及び AsH_3 を InAs 換算で1~2ML(モノレーヤー)分だけ同時供給する。この成長開始当初においては、2次元成長が起こり InGaAs 濡れ層が形成され、この InGaAs 濡れ層の膜厚が弾性限界を越えた時点で、 InGaAs 濡れ層の表面にオングストロームオーダーの3次元核が比較的高密度で離散的に形成される。さらに、成長を続けると、3次元核を成長核として In 組成比が相対的に大きな InGaAs からなる量子箱21~23が形成され、量子箱21~23の周辺部は In 組成比が相対的に小さな InGaAs 濡れ層となる。なお、図においては、全体を纏めて InAs 層19として示している。

【0024】これは、 InGaAs 濡れ層の厚さが弾性限界を越える場合、 In 組成比が相対的に大きな InGaAs からなる量子箱21~23を局所的に発生させることによって InGaAs 成長層全体としては InGaAs 成長層の全面に歪が発生する場合よりも低歪エネルギーとなり、結晶学的に安定した成長になるためと考えられる。

【0025】次いで、例えば、30nmの GaAs バリア層20を成長させ、このサイクルを、例えば、3回繰り返すことによって3層の多層構造からなる量子箱導波層17が形成される。なお、この場合の量子箱21~23の平均直径は約20nmであり、面積率は約10%であり、これは、互いに隣接する量子箱21~23の間の平均距離が約180nmになることに相当するので、互いに隣接する量子箱21~23に間の不所望な相互作用は生じない。

【0026】図3(f)参照

次いで、全面に厚さが、例えば、1.2 μm で、 Al 組成比が、例えば、0.4の p型AlGaAs クラッド層24、及び、厚さが、例えば、0.3 μm の p型GaAs コンタクト層25を順次成長させたのち、 p型GaAs コンタクト層25及び p型AlGaAs クラッド層24の一部を、例えば、1.2 μm の深さまでエッチングして、SSG構造12を構成する回折格子の溝に垂直な方向に、幅が、例えば、2.5 μm のストライプ状メサを形成してリッジ構造の導波路とする。

【0027】次いで、 p型GaAs コンタクト層25及びストライプ状メサの側面を覆うように p側電極 26を設けるとともに、 n型GaAs 基板11の裏面に n側電極 27を形成し、次いで、共振器長が1 μm になるように劈開することによって量子箱導波層17を含む半導体利得導波路とSSG構造12からなるDBR鏡とが直列に配置された多波長発振半導体レーザの基本構成が完成する。

【0028】図4参照

図4はこの様にして形成した多波長発振半導体レーザの斜視図であり、ストライプ状メサ28の側面及び頂面を覆うように設けた p側電極 26及び n型GaAs 基板1

1の裏面に設けた n側電極 27から量子箱導波層17に電流を注入することによって、互いに径の異なる量子箱21~23において、1.5 μm 近傍を中心波長とする異なった波長での誘導放出が生じ、この内、SSG構造12の離散的共振波長のみが優勢になって、SSG構成12によって規定される発振波長及び波長間隔での多波長レーザ発振が可能になる。また、上記の第1の実施の形態においては、量子箱21~23が形成される InAs 層19を3層積層しているため、十分な利得を持ち得る活性層構造が形成される。

【0029】次に、図5を参照して本発明の第2の実施の形態の多波長発振半導体レーザを説明するが、この第2の実施の形態は、共振器をDFB(分布帰還)型共振器としたものであり、その他の構成は上記の第1の実施の形態と同様である。

図5参照

図5は本発明の第2の実施の形態の多波長発振半導体レーザの斜視図であり、上記の第1の実施の形態と同様に、まず、(001)面を主面とする n型GaAs 基板11上にフォトレジスト(図示せず)を塗布し、このフォトレジストの内の一部に電子ビーム露光装置を用いて周期的にピッチを変化させた格子パターンを露光したのち、フォトレジストを現像して格子状レジストパターンを形成し、次いで、この格子状レジストパターンをマスクとして n型GaAs 基板11をエッチングすることによってSSG構造12を形成したのち、MBE装置を用いて、厚さが、例えば、0.9 μm で、 Al 組成比が、例えば0.4の n型AlGaAs クラッド層13、及び、厚さが、例えば、0.1 μm の GaAsSCH 層14を順次成長させる。

【0030】次いで、上記の第1の実施の形態と同様な成長方法を用いて、Straniski-Krastanovモードによって量子箱導波層17を形成したのち、厚さが、例えば、0.1 μm の GaAsSCH 層18、厚さが、例えば、1.2 μm で、 Al 組成比が、例えば、0.4の p型AlGaAs クラッド層24、及び、厚さが、例えば、0.3 μm の p型GaAs コンタクト層25を順次成長させ、次いで、 p型GaAs コンタクト層25及び p型AlGaAs クラッド層24の一部を、例えば、1.2 μm の深さまでエッチングして、SSG構造12を構成する回折格子の溝に垂直な方向に、幅が、例えば、2.5 μm のストライプ状メサを形成してリッジ構造の導波路とする。

【0031】次いで、 p型GaAs コンタクト層25及びストライプ状メサ28の側面を覆うように p側電極 26を設けるとともに、 n型GaAs 基板11の裏面に n側電極 27を形成し、次いで、共振器長が1 μm になるように劈開することによって量子箱導波層17を含む半導体利得導波路とSSG構造12からなるDFB共振器とが直列に配置された多波長発振半導体レーザの基本構

成が完成する。

【0032】この第2の実施の形態においても、DFB共振器を構成するSSG構造12によって、所定の発振波長で且つ所定の波長間隔での多波長での同時発振が可能になる。なお、この第2の実施の形態においては、DBR構造の場合とは異なり、SSG構造12の上にも量子箱導波層17を延在させているので、InGaAs導波層の成長工程及びその選択的除去工程が不要になり、それによって、製造工程がより簡素化される。

【0033】以上、本発明の各実施の形態を説明してきたが、本発明は、各実施の形態に記載した構成及び条件に限られるものではなく、各種の変更が可能である。例えば、上記の各実施の形態の説明においては、量子箱の形成方法として、高密度で径が不揃いの量子箱が形成されやすいStranski-Krastanovモードによる自己形成方法を用いているが、Stranski-Krastanovモードによる自己形成方法に限られるものではなく、ALE法を用いた自己組織化による方法を用いても良いものである。

【0034】このALE法による自己組織化による方法を用いる場合には、例えば、GaAsSCH層14を形成したのち、TMIn等のIn原料を単独で供給することによってGaAsSCH層14の表面にIn金属島が離散的に形成される。次いで、TMGa（トリメチルガリウム）等のGa原料を単独で供給すると、GaAsSCH層14の表面にGa金属島が離散的に形成されると共に、In金属島においてはInとGaとが混合してIn+Ga金属島が形成される。

【0035】次いで、AsH₃等のAs原料を単独で供給すると、表面において再構成（Reconstruction）が起こりIn+Ga金属島においてはIn組成比が相対的に大きなInGaAs量子箱が形成され、Ga金属島及びその近傍においてはIn組成比が相対的に小さなInGaAs層が形成され、この様なサイクルを数サイクル繰り返すことによって最終的な量子箱導波層が形成されることになる。

【0036】この様に、ALE法を用いた自己組織化による方法を用いた場合にも、Stranski-Krastanovモードによる自己形成方法と同様に、高密度で径が不揃いの量子箱が形成されやすく、それによって、多波長発振が可能になる。

【0037】また、上記の各実施の形態の説明においては、SSG構造12をn型GaAs基板に直接形成しているが、n型GaAs層11上にn型GaAsバッファ層を設け、このn型GaAsバッファ層11に設けても良いものであり、或いは、自己酸化膜の形成に対する対策を取るならば、n型AlGaAsクラッド層13に形成しても良いものである。

【0038】また、上記の各実施の形態の説明においては、ストライプ状メサ28を形成して、リッジ構造とし

ているが、ストライプ状構造はBH（埋込ヘテロ接合）構造等の他の公知のストライプ状構造を用いても良いことは言うまでもない。

【0039】また、本発明の各実施の形態の説明においては、量子箱をInGaAs量子箱として説明しているが、他のIII-V族化合物半導体で構成しても良いことは原理的に自明であり、さらに、II-VI族化合物半導体、或いはIV-VI族化合物半導体等の他の化合物半導体にも適用し得ることは明らかである。

【0040】

【発明の効果】本発明によれば、高密度で且つ径が不揃いな量子箱を利用して量子箱導波路を構成するとともに、この量子箱導波路に直列にSSG等の離散的な複数の波長で高い反射率を有する反射鏡を配置しているので、簡単な構成によって、発振波長及び波長間隔が制御された多波長での安定した同時発振が可能になり、それによって、素子を大型化することなく安定した多波長光源を得ることができ、ひいては、波長多重通信システムの実現に寄与するところが大きい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の原理的構成の説明図である。

【図2】本発明の第1の実施の形態の途中までの製造工程の説明図である。

【図3】本発明の第1の実施の形態の図2以降の製造工程の説明図である。

【図4】本発明の第1の実施の形態の多波長発振半導体レーザの斜視図である。

【図5】本発明の第2の実施の形態の多波長発振半導体レーザの斜視図である。

【符号の説明】

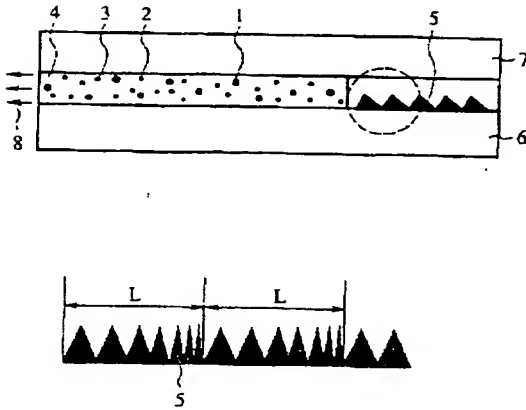
- 1 量子箱
- 2 量子箱
- 3 量子箱
- 4 活性領域
- 5 反射鏡
- 6 一導電型クラッド層
- 7 逆導電型クラッド層
- 8 多波長発振光
- 11 n型GaAs基板
- 12 SSG構造
- 13 n型AlGaAsクラッド層
- 14 GaAsSCH層
- 15 InGaAs導波層
- 16 GaAsSCH層
- 17 量子箱導波層
- 18 GaAsSCH層
- 19 InAs層
- 20 GaAsバリア層
- 21 量子箱
- 22 量子箱

- 23 量子箱
- 24 p型AlGaAsクラッド層
- 25 p型GaAsコンタクト層

- 26 p側電極
- 27 n側電極
- 28 ストライプ状メサ

【図1】

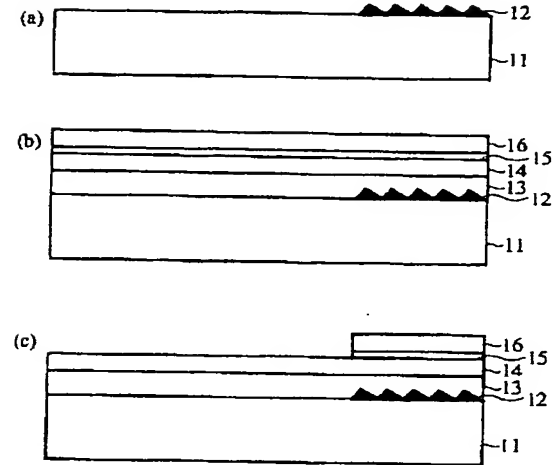
本発明の原理的構成の説明図



- 1: 量子箱
- 2: 量子箱
- 3: 量子箱
- 4: 活性領域
- 5: 反射鏡
- 6: 一導電型クラッド層
- 7: 逆導電型クラッド層
- 8: 多波長発振光

【図2】

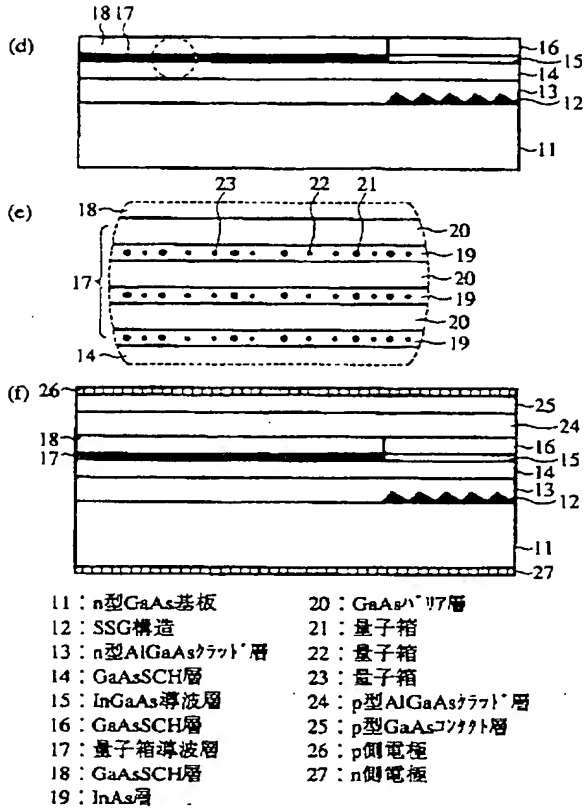
本発明の第1の実施の形態の
途中までの製造工程の説明図



- 11: n型GaAs基板
- 12: SSG構造
- 13: n型AlGaAsクラッド層
- 14: GaAsSCH層
- 15: InGaAs導液層
- 16: GaAsSCH層

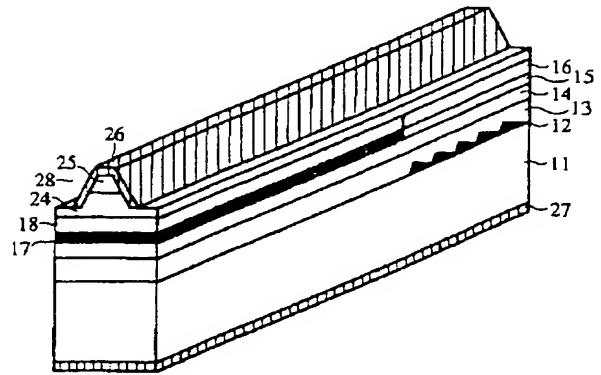
【図3】

本発明の第1の実施の形態の
図2以降の製造工程の説明図



【図4】

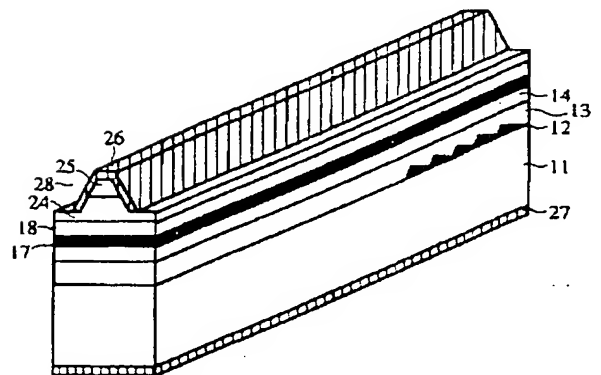
本発明の第1の実施の形態の
多波長発振半導体レーザの斜視図



- | | |
|-------------------|-------------------|
| 11: n型GaAs基板 | 18: GaAsSCH層 |
| 12: SSG構造 | 24: p型AlGaAsクラフト層 |
| 13: n型AlGaAsクラフト層 | 25: p型GaAsコンタクト層 |
| 14: GaAsSCH層 | 26: p側電極 |
| 15: InGaAs導波層 | 27: n側電極 |
| 16: GaAsSCH層 | 28: ストライプ形状 |
| 17: 量子箱導波層 | |

【図5】

本発明の第2の実施の形態の
多波長発振半導体レーザの斜視図



- | | |
|-------------------|-------------------|
| 11: n型GaAs基板 | 24: p型AlGaAsクラフト層 |
| 12: SSG構造 | 25: p型GaAsコンタクト層 |
| 13: n型AlGaAsクラフト層 | 26: p側電極 |
| 14: GaAsSCH層 | 27: n側電極 |
| 17: 量子箱導波層 | 28: ストライプ形状 |
| 18: GaAsSCH層 | |

THIS PAGE BLANK (15PT)